

УДК 628.517.2
OECD 01.06.GU ECOLOG

Проблемы применения нормативной базы РФ для решения задач расчета шума, проникающего через ограждающие конструкции помещений

Иванов А.В.^{1,2}, Никифоров А.В.¹, Кузьмицкий А.М.¹

¹ООО «ТЕХНОПРОЕКТ», г. Санкт-Петербург, РФ

²К.т.н., доцент

²Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург, РФ

Аннотация

Выполнен краткий обзор имеющихся различий и особенностей применения отечественной научной и нормативной литературы с целью определения уровней шума, проникающего через ограждающие конструкции помещения. Для сравнения рассматривались действующие своды правил и ГОСТ, строительные нормы и правила до актуализации, а также справочная литература по акустическим расчетам. Анализ применяемых методик акустического расчета показал, что, используя расчетные зависимости из разных литературных источников при расчете проникающего шума, можно получить существенно отличающиеся итоговые результаты. Таким образом, является актуальной необходимость продолжить работу над совершенствованием и взаимной гармонизацией отечественной нормативной базы.

Ключевые слова: проникающий шум, акустический расчёт, АРМ «Акустика», нормативная база

Problems of applying the regulatory framework of the Russian Federation to solve the problems of calculating noise penetrating through the enclosing structures of rooms

Ivanov A.V.^{1,2}, Nikiforov A.V.¹, Kuzmitsky A.M.¹*

¹OOO "TECHNOPROJECT", Saint-Petersburg, Russia

²Ph.D, Assistant professor

²Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Saint-Petersburg, Russia

Abstract

A brief overview of the existing differences and features of the application of scientific and regulatory literature of the Russian Federation in order to determine the levels of noise penetrating through the enclosing structures of the room. For comparison, the current codes of rules and standards, building codes and rules before updating, as well as reference literature on acoustic calculations were considered. The analysis of the applied acoustic calculation methods has shown that, using the calculated dependences from different literary sources in the calculation of penetrating noise, it is possible to obtain significantly different results. Thus, there is an urgent need to continue working on the improvement and mutual harmonization of the regulatory framework of the Russian Federation.

Key words: *penetrating noise, acoustic calculation, AWP «Acoustics», regulatory framework.*

В приведенной формуле S – площадь ограждения, через которое проникает шум; R – изоляция воздушного шума ограждением; $\alpha_{отри}$ – коэффициент, описывающий распространение отраженного звука в помещении от i -го источника, который определяется по ф-лам (8)-(10) [3] в зависимости от типа помещения. Для соразмерного помещения $\alpha_{отри}$ зависит от постоянной помещения B , и коэффициента k , учитывающего нарушение диффузности звукового поля:

$$\alpha_{отри} = \frac{4B_0}{kB}. \quad (2)$$

В ф-лах (1) и (2) параметры $S_0 = 1 \text{ м}^2$ и $B_0 = 1 \text{ м}^2$.

При подстановке ф-лы (2) в ф-лу (1) для соразмерного помещения получим:

$$L_W^{np} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_{wi}} + 10 \lg 4 - 10 \lg k - 10 \lg \frac{B}{B_0} + 10 \lg \frac{S}{S_0} - R. \quad (3)$$

Далее, подставив $10 \lg 4 = 6$ и перегруппировав члены формулы:

$$L_W^{np} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_{wi}} - 10 \lg \frac{B}{B_0} - 10 \lg k + 10 \lg \frac{S}{S_0} - R + 6. \quad (4)$$

Свод правил СП 353.1325800.2017 [4] устанавливает требования к проектированию, строительству и эксплуатации с целью защиты от шума объектов метрополитена, выполнения акустических расчетов по оценке степени шумового дискомфорта на жилебной территории, расположенной в окрестности объектов метрополитенов. Подставив (4.18) [4] в ф-лу (4.17) [4], выражение для расчета проникающего шума из помещения на территорию примет вид:

$$L_W^{np} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_{wi}} - 10 \lg \frac{B}{B_0} + 6 + 10 \lg \frac{S}{S_0} - R - 6. \quad (5)$$

После сокращения получаем зависимость

$$L_W^{np} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_{wi}} - 10 \lg \frac{B}{B_0} + 10 \lg \frac{S}{S_0} - R. \quad (6)$$

В СНиП 23-03-2003 аналогичная по смыслу ф-ла (18) [7] имеет вид:

$$L_W^{np} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_{wi}} - 10 \lg B - 10 \lg k + 10 \lg S - R. \quad (7)$$

Ранее в старом СНиП II-12-77 расчет проникающего шума выполнялся по ф-ле (8) [8] с учетом примечания 1:

$$L_{пр} = L + 10 \lg S - R - \delta_d, \quad (8)$$

где L – октавный уровень звукового давления у преграды;

δ_d – поправка, учитывающая характер звукового поля при падении звуковых волн на преграду (при падении из помещения на преграду $\delta_d = 6$ дБ).

С учетом примечания 3 к ф-ле (8) [8], после подстановки и преобразований, по составу параметров в целом полученная зависимость является аналогичной ф-ле (7):

$$L_{пр} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_{wi}} - 10 \lg B + 10 \lg \psi + 10 \lg S - R. \quad (9)$$

Отличие ф-лы (9) от ф-лы (7) в способе определения коэффициента, учитывающего нарушение диффузности звукового поля (k – в ф-ле (7) и ψ – в ф-ле (9)). Коэффициент $\psi \leq 1$ определяется по графику 3 [8] в зависимости от соотношения $B/S_{отр}$, а коэффициент $k \geq 1$ определяется по табл. 4 [7] в зависимости от среднего коэффициента звукопоглощения $\alpha_{ср}$.

Действующий ГОСТ Р ЕН 12354-4-2012 [9] устанавливает методы расчета уровня звуковой мощности шума, создаваемого источниками, расположенными внутри здания, и излучаемого наружу его ограждающими конструкциями. Уровень звуковой мощности проникающего шума вычисляется по ф-ле (2) [9]:

$$L_W = L_{p,in} + C_d - R + 10 \lg \frac{S}{S_0}, \quad (10)$$

где $L_{p,in}$ – уровень звукового давления на расстоянии от 1 до 2 м от внутренней стороны сегмента ограждающей конструкции;

C_d – коэффициент диффузии звукового поля внутри помещения вблизи сегмента (может изменяться от 0 до минус 6 дБ; в случае идеального диффузного звукового поля $C_d = -6$ дБ, для производственных помещений и сегментов без звукопоглощающей облицовки с внутренней стороны $C_d = -5$ дБ).

В справочной литературе [10, с. 193; 11, с. 304] при расчете проникающего шума также используются зависимости, аналогичные ф-ле (8).

Таким образом, при прочих равных условиях, результат расчета по ф-ле (4), полученной при подстановке и преобразовании зависимостей из СП 254.1325800.2016 [3], будет отличаться от результатов расчета по другой рассмотренной литературе в большую сторону до 6 дБ.

2. Способы определения постоянной помещения B

Далее рассмотрим различия в расчете постоянной помещения.

В СП 254.1325800.2016 [3] постоянная помещения B определяется по ф-ле (6) [3] с учетом среднего коэффициента звукопоглощения в помещении $\alpha_{ср}$ и суммарной площади поверхностей в помещении $S_{пом}$ по ф-ле:

$$B = \frac{\alpha_{ср} S_{пом}}{1 - \alpha_{ср}}. \quad (11)$$

Для определения $\alpha_{ср}$ предлагается 2 варианта: подробный с учетом реверберационных коэффициентов и площадей поверхностей всех элементов внутри помещения, и упрощенный по табл. 3 [3] в зависимости от назначения помещения.

В СНиП 23-03-2003 [7] после преобразований постоянная помещения определяется по формуле, аналогичной (11). Также вычисляется параметр μ в [10; 11; 12].

В СП 353.1325800.2017 [4] постоянная помещения B определяется по ф-ле (4.19) [4], в зависимости от постоянной помещения B_{1000} на среднегеометрической частоте 1000 Гц и частного множителя μ , которые, в свою очередь, зависят от типа и объема помещения

$$B = B_{1000} \mu. \quad (12)$$

Такой же подход по определению постоянной помещения через B_{1000} используется в СП 271.1325800.2016 [5], а также ранее был описан в СНиП II-12-77 [8].

Использование ф-лы (12) часто является более удобным, однако, в случае необходимости снижения уровня шума звукопоглощающей облицовкой, не позволяет расчетом оценить влияние коэффициента звукопоглощения различных видов облицовки.

Наличие нескольких вариантов определения постоянной помещения приводит к тому, что для одних и тех же условий вклад отраженного звука при расчете B по ф-лам (11) и (12) для небольших по объему помещений (кабинеты, комнаты квартир и т.п.) может отличаться на 5 дБ и более.

Также следует отметить, что в [4; 5; 10; 11] отсутствует коэффициент k , учитывающий нарушение диффузности звукового поля. Его вклад в результат расчета шума может составлять от 0 (для гладких без открытой пористости ограждающих конструкций) до 4 дБ и более (для помещений со звукопоглощающей облицовкой).

Таким образом, при прочих равных условиях, различные способы расчета постоянной помещения B и учет коэффициента k , могут давать существенное расхождение в итоговых результатах расчета проникающего шума.

3. Учет прямого и отраженного звука

При расчете проникновения шума из шумного помещения в тихое помещение в [3; 7; 12] учитывается прямой звук для промежуточной расчетной точки в 2 м у преграды в помещении с источником шума.

В документах [3 – 5; 7; 8] при расчете шума, проникающего наружу, отсутствует учет прямого звука и локализация расчетной точки у преграды внутри шумного помещения.

В справочнике [10] и учебном пособии [11] учитывается прямой звук как внутри шумного помещения (для промежуточной расчетной точки у преграды в помещении с источником шума), так и внутри тихого помещения (для расчетной точки в защищаемом помещении учитывается расстояние до преграды, через которую проходит шум).

Для многих практических случаев для производственных цехов, общественных и жилых помещений упрощение акустического расчета путем игнорирования прямой составляющей шума допустимо, так как часто вклад прямого звука меньше 1 дБ. Однако, следует отметить, что в случае достаточно большого значения звукопоглощения поверхностей помещения, его несоразмерности, и при наличии близкорасположенных к рассматриваемому ограждению мощных источников шума и расчетных точек, учет только отраженной составляющей шума может дать существенное занижение расчетного значения проникающего шума по сравнению с полным расчетом с учетом прямого и отраженного шума, а также с фактически фиксируемым шумом. Поэтому выбор метода расчета будет зависеть во многом от квалификации и опыта специалиста.

Как пример, рассмотрим промежуточные результаты расчета уровней проникающего шума для соразмерного помещения цеха размером 20x12x5(н) м в котором размещен источник шума на высоте 2,5 м, с уровнем звука 82 дБА на дистанции 1 м (в октавных полосах частот 63-8000 Гц уровень звукового давления составляет 75 дБ). Для сравнения изменялись характеристики звукопоглощения поверхностей (тип помещения 1 и 3 согласно табл.3 [3]), расстояние источника шума до преграды (от 3 до 6 м), а также учет прямого и отраженного звука. Промежуточная расчетная точка РТ*, в которой вычислялся шум, находится в 2 м от преграды с шумной стороны.

Схема к расчетам приведена на рис. 2. На рисунке изолинии уровней звука в дБА построены с помощью модуля «Внутренний шум» программы АРМ «Акустика» версия 3 для помещения 1-го типа для двух вариантов расположения источника шума ИШ-1. Результаты сравнения сведены в таблице 1.

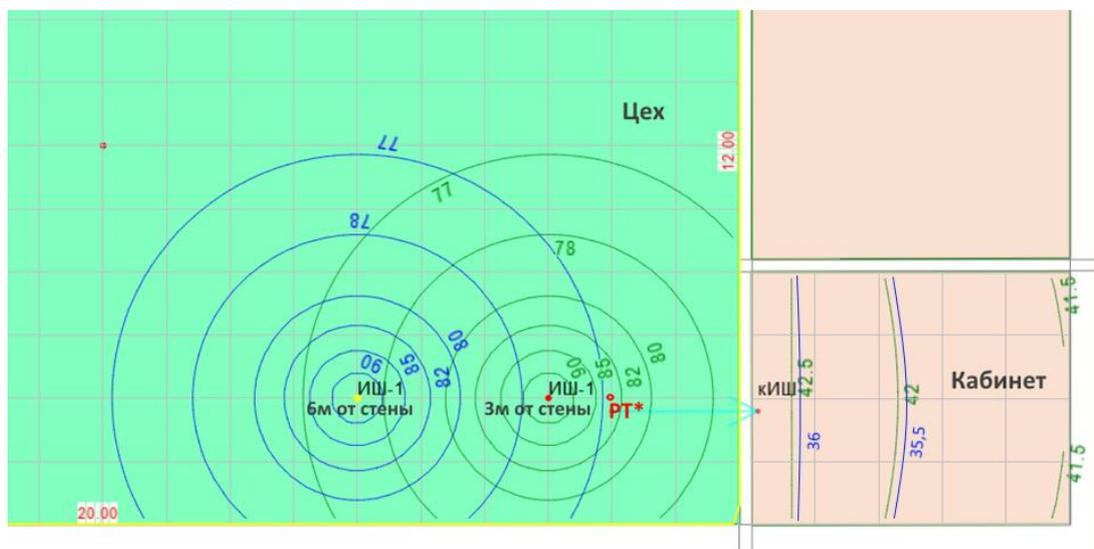


Рис. 2. Схема к расчету шума в помещениях

Таблица 1

Сравнительный анализ учета характеристик помещения, прямой и отраженной составляющих шума

Тип помещения (табл.3 [3])	Расстояние от источника шума ИШ1 до преграды, м	Прямой звук в РТ*, $L_{пр}$, дБА	Отраженный звук в РТ*, $L_{отр}$, дБА	Суммарный прямой и отраженный звук в РТ*, L_{Σ} , дБА	Разница при учете только отраженного звука в РТ*, $L_{\Sigma} - L_{отр}$, дБА
1	3	82,0	75,9	82,9	7,0
3	3	82,0	73,4	82,6	9,2
1	6	69,9	75,9	76,9	1,0
3	6	69,9	73,4	75,0	1,6

Таким образом, расхождение результатов расчета может составлять значительную величину, когда учитывается только отраженный звук в шумном помещении, а источники шума локализованы непосредственно рядом с рассматриваемой ограждающей конструкцией (в рассмотренном примере при близко расположенном к преграде источнике шума разница составила свыше 9 дБ). В помещении со звукопоглощающей облицовкой расхождение результатов расчета увеличится.

Упрощенные методы расчета в помещениях без учета влияния прямого звука удобно применять при больших объемах ручных вычислений. В случае использования компьютерных программ для ЭВМ целесообразно использовать алгоритмы, описывающие все основные составляющие распространения шума. Такие задачи может решать, как пример, отечественная компьютерная программа АРМ «Акустика» [13] с модулем «Внутренний шум», позволяющая моделировать геометрические и акустические характеристики помещений, определять прямую и отраженную составляющие шума, учитывать звукоизоляцию только слабых элементов или всех элементов ограждающей конструкции, а также рассчитывать распространение проникающего шума в любых направлениях, в том числе по системе связанных помещений.

4. Другие вопросы, связанные с расчетом проникающего шума в помещениях

Помимо рассмотренных выше нюансов, при решении задач расчета проникающего шума в помещениях можно также выделить следующие вопросы, требующие разъяснения и уточнений при дальнейшей актуализации документации.

На настоящий момент все своды правил, регламентирующие акустические расчеты, не входят в список обязательных к применению (Постановление Правительства РФ №914 от 20.05.2022 г. [14]), и их применяют на добровольной основе, согласно документу [15].

В актуальных сводах правил нет четких указаний, какой документ применять для расчета проникающего шума для жилых помещений (указанная в [3] область применения относится к производственным помещениям и территориям).

Используемые методики, в которых учитывается прямая составляющая шума, предполагают вычисления уровней шума в промежуточной расчетной точке, находящейся в шумном помещении в 2 м от центра преграды. Корректность выбора такого расположения промежуточной точки под вопросом в ситуации, когда источник шума находится ближе 2 м от преграды, а также когда источник шума расположен вплотную к промежуточной расчетной точке.

В [3; 7; 8] отсутствует описание расчета уровней шума в изолируемом помещении при проникновении шума из соседнего шумного помещения или территории для несоразмерных защищаемых помещений.

В применяемой документации не рассмотрен вопрос учета специфики расчета максимальных уровней звука в помещениях в случае, когда эта характеристика непостоянного шума является определяющим вредным фактором, например, когда по технологии производства происходит эпизодическое падение или соударение элементов материалов или оборудования.

При оценке одночисловой характеристики изоляции воздушного шума согласно Изм.2 к [1], а также в [6], вводится поправка на влияние косвенной передачи шума, которая может при определенных условиях существенно повышать уровни шума в защищаемом помещении. Указанный фактор влияния косвенной передачи шума обойден стороной при оценке проникающего шума от оборудования и прочих не бытовых источников, когда расчет и сравнение с нормами выполняется в октавных полосах частот.

Заключение

Среди основных вопросов, возникающих при использовании отечественной нормативной и справочной базы при решении задач расчета проникающего шума, можно выделить следующие: расхождения в учете поправки, учитывающей характер звукового поля при падении звуковых волн на преграду; наличие различных методик расчета постоянной помещения; условия для учета прямого звука в шумном и тихом помещениях; выбор места расположения промежуточной расчетной точки в шумном помещении у преграды; отсутствие указаний, какой актуальный свод правил нужно применять для расчета проникающего шума в непроизводственных помещениях; влияние косвенной передачи шума.

Анализируя описанные в нормативной документации методы акустического расчета, можно отметить, что, применяя из разных источников расчетные зависимости для расчета проникающего шума, можно получить итоговые результаты, отличающиеся до 6 дБ и более.

Упрощенные методы расчета удобно применять при больших объемах ручного вычисления при решении задач, в которых игнорирование отдельными факторами распространения шума не дает большой погрешности. В случае применения компьютерных программ для ЭВМ целесообразно использовать алгоритмы, описывающие все основные составляющие распространения шума в помещении.

Таким образом, является актуальной необходимостью продолжить работу над совершенствованием и взаимной гармонизацией нормативной базы РФ, для того чтобы проектировщик имел научно обоснованный внутренне не противоречивый и при этом удобный инструментарий для выполнения инженерных расчетов широкого круга задач по акустике. На наш взгляд целесообразна разработка общего универсального свода правил, в котором бы была подробно описана методика расчета проникающего шума для всех типов нормируемых объектов и возможных на практике ситуаций, с указанием границ возможных допущений при применении упрощенных методов расчета.

Список литературы

1. СП 51.13330.2011.Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 «Защита от шума». М.: Минрегион России, 2010. 43 с.
2. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. М.: Роспотребнадзор, 2021. 469 с.
3. СП 254.1325800.2016Здания и территория. Правила проектирования защиты от производственного шума. М.: Минстрой России, 2016. 63 с.
4. СП 353.1325800.2017 Защита от шума объектов метрополитена. Правила проектирования, строительства и эксплуатации. М.: Минстрой России, 2017. 50 с.

5. СП 271.1325800.2016 Системы шумоглушения воздушного отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: Минстрой России, 2016. 57 с.
6. СП 275.1325800.2016 Конструкции ограждающие жилых и общественных зданий. Правила проектирования звукоизоляции. М.: Минстрой России, 2016. 65 с.
7. СНиП 23-03-2003 «Защита от шума». М.: Госстрой России, 2004. 32 с.
8. СНиП II-12-77 «Защита от шума». М.: Минстрой России, 2017. 50 с.
9. ГОСТ Р ЕН 12354-4-2012 Акустика зданий. Методы расчета акустических характеристик зданий по характеристикам их элементов. Часть 4. Звукопередача из помещения наружу. М.: Стандартиформ, 2013. 33 с.
10. Борьба с шумом на производстве: Справочник/ под общей редакцией Е.Я. Юдина. М.: Машиностроение, 1985. 400 с.
11. Звукоизоляция и звукопоглощение: Учебное пособие / под ред. Г.Л. Осипова, В.Н. Бобылева. М.: ООО «Издательство АСТ», 2004. 450 с.
12. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник.- М.: Логос, 2013. 432 с.
13. Иванов А.В., Кузьмицкий А.М., Никифоров А.В. Автоматизация расчета шума в помещениях с помощью программы АРМ «Акустика» 3 D // Защита от повышенного шума и вибрации: V Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием (Санкт-Петербург, 18 марта – 20 марта 2015). Санкт-Петербург, 2015. С. 449 – 454.
14. О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 28 мая 2021 г. № 815 : постановление Правительства Российской Федерации от 20.05.2022 № 914 // Председатель Правительства Российской Федерации. 2022. С. 4.
15. О внесении изменения в приказ федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2 апреля 2020 г. N 687: приказ М-ва промышленности и торговли Рос. Федерации от 06.07.2022 г. N 1653 // Руководитель. 2022. С. 15,21-22, 27.